

Erteilt auf Grund des Ersten Überleitungsgesetzes vom 8. Juli 1949
(WiGBL S. 175)

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



AUSGEGEBEN AM
12. NOVEMBER 1951

DEUTSCHES PATENTAMT
PATENTSCHRIFT

Nr. 820 600

KLASSE 14h GRUPPE 114

G 1961 Ia/14h

22581 U.S. PTO
10/755737
011204

Dr.-Ing. Ferdinand Marguerre, Heidelberg und
Dipl.-Ing. Wilhelm Schoch, Schwetzingen
sind als Erfinder genannt worden

Großkraftwerk Mannheim A. G., Mannheim-Neckarau

Dampfkraftanlage, deren Kessel seine Verbrennungsluft
aus einer Luftturbine erhält

Patentiert im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland vom 21. Mai 1950 an
Patenterteilung bekanntgemacht am 27. September 1951

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Dampfkesselanlagen, in deren Verbrennungsprozeß eine Luftturbinenanlage eingeschaltet ist. Die Einschaltung erfolgt in der Weise, daß die Verbrennungsluft des Kessels vor ihrer Erwärmung durch die Abgase des Kessels in einem Kompressor verdichtet und vor ihrem Eintritt in den Feuerraum in einer Luftturbine entspannt wird. Die bei der Entspannung frei werdende Arbeit übertrifft hierbei die bei der Verdichtung verbrauchte Arbeit und kann als elektrische Energie nutzbar gemacht werden.

Der Vorzug einer solchen Anordnung besteht darin, daß die Abwärme der Luftturbine dem Dampfkessel zugeführt wird und daß die nutzbare Energie infolgedessen mit sehr hohem thermischem Wirkungsgrad gewonnen wird. Die Anordnung

weist jedoch eine Anzahl Nachteile auf, die sie teilweise mit anderen Gasturbinenanlagen gemeinsam hat.

1. Der Kompressor verbraucht einen überwiegenden Teil der Luftturbinenleistung. 2. Der Teillastwirkungsgrad der Luftanlage geht zurück, weil a) die Förderhöhe des Kompressors zu-, das Druckgefälle der (ungesteuerten) Turbine abnimmt, so daß Drosselverluste entstehen, b) die Strömungsverhältnisse in beiden Maschinen ungünstig werden, c) die Luftvorwärmung im Dampfkessel zurückgeht. 3. Das Luftturbinenaggregat erfordert einen Anwurfmotor, der sehr reichlich zu bemessen ist, damit der Kessel während seiner ganzen Anfahrperiode die für ein stabiles Feuer erforderliche Mindestluftmenge erhält. 4. Bei Ausfall der Luftturbine kann der Kessel nicht betrieben

werden. Es wäre kostspielig, aber wohl möglich, einen besonderen Frischlüfter großer Förderhöhe aufzustellen, der geeignet ist, die Verbrennungsluft durch den für hohe Drücke berechneten engen Luftvorwärmer durchzudrücken; es bliebe aber die Schwierigkeit bestehen, daß die Verbrennungsluft infolge der fehlenden Expansion viel zu heiß in den Feuerraum gelangt.

Im folgenden werden einige Maßnahmen beschrieben, durch die die genannten Nachteile weitgehend vermieden werden können.

Sie gehen von dem Gedanken aus, den Kompressor zu teilen und einen Teil, in erster Linie die untere Stufe, durch eine sogenannte Serienturbine anzutreiben.

Unter einer Serienturbine wird hier vorwiegend eine einstufige, ungesteuerte Aktionsturbine verstanden, die zwischen den Vor- und Nachüberhitzer des Dampfkessels geschaltet ist und von dessen gesamter oder überwiegender Dampfmenge durchströmt wird. Wird der Dampfzustand, genauer dessen spezifisches Volumen, am Austritt der Serienturbine konstant gehalten, so ist ihre Leistung zur dritten Potenz der Dampfmenge proportional, was die Turbine bekanntlich zu einem idealen Antrieb für die Hauptkessellüfter macht, deren Leistungsbedarf dem gleichen Potenzgesetz folgt. Die Drehzahl der Turbine und der Lüfter stellt sich hierbei proportional zur Kessellast ein, so daß alle Maschinen stets ohne Drosselverluste bei höchstem Wirkungsgrad arbeiten.

Neben diesem günstigen Regelverhalten hat die Serienturbine den Vorteil, daß sie ihre Nutzleistung bei hohem thermischem Wirkungsgrad abgibt. Da ihr Wärmegefälle durch die Wiederaufwärmung des Dampfes im Nachüberhitzer ausgeglichen wird, was einer Zwischenüberhitzung des Dampfes gleichkommt, verbraucht sie nur das Wärmeäquivalent ihrer Arbeit und eine dem geringen Druckgefälle proportionale Speisepumpenarbeit.

Dieser letzte Vorteil der Serienturbine ist bei den üblichen Dampfkraftanlagen nur im begrenzten Umfang ausnutzbar, da der Leistungsbedarf der Kesselventilatoren beschränkt und der Antrieb eines Generators zur Abgabe elektrischer Energie wegen der veränderlichen Drehzahl der Turbine nicht möglich ist. Bei Teilantrieb des Kompressors kann dagegen der Turbine eine bedeutend vergrößerte Leistung, die indirekt der Energieabgabe zugute kommt, entnommen werden. Eine obere Grenze hierfür ist im allgemeinen nur durch die mit der Druckerhöhung vor der Serienturbine verbundene Verteuerung des Kessels, der Speisepumpen und der Leitungen gegeben. Unter allen Umständen ist aber mit dieser Maßnahme eine wesentliche Verminderung des unter Ziffer 1 genannten Nachteiles verbunden.

Bezüglich des Teillastverhaltens der Anordnung gilt das Folgende: Ist der Luftdurchsatz und die Drehzahl des durch die Serienturbine angetriebenen Kompressorsteiles proportional zur Kesselleistung, so steigt sein Leistungsbedarf mit der dritten Potenz der Kesselleistung, und das Leistungs-

angebot der Serienturbine paßt sich wie zuvor diesem Bedarf selbsttätig an. Ihre Drehzahl wird proportional zur Kesselleistung, so daß die oben genannten günstigen Regeleigenschaften erhalten bleiben.

Dadurch, daß die Förderhöhe des von der Serienturbine angetriebenen Kompressorsteiles bei Teillast infolge der fallenden Drehzahl abnimmt, wird die sonst bei Teillast erforderliche Drosselung des Kompressors zum Teil unnötig. Bei geeigneter Aufteilung des Kompressors ist es möglich, die Drosselung ganz zu vermeiden, so daß sich die Luftturbine ohne Leistungsverlust selbsttätig der Kessellast anpaßt. Die erforderliche Aufteilung hängt von den Kennlinien des Kompressors und der Luftturbine ab. Bei Teillasten arbeiten beide Kompressorsteile mit gutem Wirkungsgrad: die untere Stufe, weil die Drehzahl dem Fördervolumen angepaßt ist, die obere, weil die Drehzahl fest und infolge der geringeren Vorkompression das Fördervolumen kaum verändert ist.

Die unter 2a) und 2b) genannten Nachteile werden demgemäß teilweise oder ganz ausgeschaltet.

Soll der Kessel bei Ausfall der Luftturbine allein betrieben werden, so sind folgende Maßnahmen erforderlich: Die von der Serienturbine angetriebene Kompressorstufe läuft mit stark verminderter Drehzahl um, die eben genügt, um die erforderliche Verbrennungsluft unter Umgehung des übrigen Kompressors und der Luftturbine durch den Lufterhitzer in den Feuerraum zu drücken. Die Verminderung der Drehzahl wird dadurch herbeigeführt, daß eine zweite Düsendruppe der hier im Normalbetrieb nur teilweise beaufschlagten Serienturbine geöffnet wird, so daß der Dampf mit verminderter Geschwindigkeit in das Laufrad eintritt. Ist die Düsendruppe für eine Last richtig gewählt, so stimmt sie für alle Belastungen, und Leistung und Drehzahl der Serienturbine passen sich wiederum selbsttätig der Kessellast an.

Um eine übermäßige Erhitzung der Verbrennungsluft in diesem Falle zu vermeiden, müssen die Rauchgase vor ihrem Eintritt in den Lufterhitzer stärker abgekühlt werden. Dies kann durch Einschalten einer zusätzlichen Heizfläche geschehen, die so zu wählen ist, daß eine unerwünschte Temperaturverschiebung auf der Dampfseite vermieden wird. Bei Betrieb der Luftturbine wird diese Heizfläche durch einen Nebenschluß umgangen, bei Ausfall der Luftturbine durch Absperren des Nebenschlusses beheizt. Durch Drosseln dieser Umgehung kann auch die Heißlufttemperatur bei Teillasten mit oder ohne Luftturbine, geregelt werden.

Ein gewisser Nachteil der bisher beschriebenen Anordnung liegt darin, daß das Druckgefälle der Serienturbine sehr groß wird und quadratisch mit der Kesselleistung zu- und abnimmt. Würde man den Kessel mit konstantem Wasserdruck speisen, so würden bei Teillast sehr hohe Drosselverluste und Schwierigkeiten in der Regelung des Wasserstandes entstehen.

Diese Schwierigkeiten können umgangen werden, wenn der Kessel eine besondere zusätzliche Speise-

pumpe erhält, die durch die Serienturbine, d. h. mit zur Kesselleistung proportionaler Drehzahl, angetrieben wird. Eine solche Anordnung arbeitet ohne Drosselverluste und regeltechnisch am günstigsten, wenn der Zulaufdruck der Zusatzpumpe gleich dem Dampfdruck am Austritt des Kessels ist. Da die inneren Widerstände des Kessels und der Serienturbine mit der Leistung quadratisch ansteigen, liefert sie stets genau den erforderlichen Speisedruck, wobei ihre Antriebsleistung zur dritten Potenz der Kesselleistung proportional ist, so daß der selbsttätige Leistungsausgleich wiederum gewahrt bleibt. Bei Ausfall der Luftturbine, wo das Druckgefälle der Serienturbine kleiner ist, wird das Speisewasser aus einer tieferen Druckstufe der Zusatzpumpe entnommen, wobei die oberen Stufen durch bekannte Mittel gegen Dampfbildung zu schützen sind.

Man kann den Zulaufdruck der Pumpe auch so hoch wählen, daß er bei Ausfall der Luftturbine ausreicht, um den Kessel ohne Zusatzpumpe zu speisen. Das regeltechnische Verhalten ist hierbei ungünstiger, es entsteht aber der Vorteil, daß die parallele Speisung mehrerer Dampfkessel erleichtert und die Betriebsbereitschaft bei Ausfall der Zusatzpumpe erhöht wird. Grundsätzlich kann die Anwendung einer von der Serienturbine angetriebenen Zusatzpumpe auch bei Kesseln ohne Luftturbine, sofern sie einen hohen inneren Druckabfall aufweisen, von Vorteil sein, beispielsweise bei Zwanglaufkesseln oder solchen mit indirekter Zwischenüberhitzung des Dampfes.

Bei der Vielzahl der von der Serienturbine angetriebenen Maschinen (Kompressorstufe, Saugzug, Zusatzpumpe) ist es zweckmäßig, die Leistung nicht mechanisch, sondern elektrisch zu übertragen und in bekannter Weise sämtliche Kesselhilfsmaschinen (Erstlüfter, Zubringer, Luftvorwärmermotoren usw.) an dieses elektrische Netz anzuschließen. Lediglich den größten Verbraucher, die Kompressorstufe, wird man unmittelbar mechanisch antreiben, um die Kosten der elektrischen Übertragung gering zu halten. Die so entstehende mechanische Kupplung des Kompressors, der Serienturbine und eines Drehstromgenerators kann man nunmehr dazu benutzen, um den Kessel und die Luftturbine aus dem Stillstand anzufahren. Hierzu wird der Generator von Netz aus gespeist und treibt die Kompressorstufe als Motor an; um die Antriebsleistung niedrig zu halten, wird die Drehzahl der Kompressorstufe hierbei so niedrig gewählt, daß sie eben genügt, um die zum Anfeuern des Kessels erforderliche Verbrennungsluft in den Feuerraum zu drücken. Die Erniedrigung der Kompressordrehzahl kann hierbei durch bekannte Mittel erfolgen, entweder auf der elektrischen Seite, beispielsweise durch Polumschalten des Generators, oder auf der mechanischen, beispielsweise durch ein Flüssigkeits- oder Zahnradwechselgetriebe. Wenn der Kessel brennt und Dampf abgibt, übernimmt allmählich die Serienturbine die Leistung des Kompressors; mit steigender Kompression vermag dieser die Luftturbine, deren Umgehung geschlossen

wird, anzutreiben, so daß sie ihrerseits die von ihr angetriebene Kompressorstufe mitnimmt.

Das Übersetzungsverhältnis des Generators wird nunmehr auf seinen normalen Wert umgestellt, worauf er in bekannter Weise zusammen mit den übrigen Kesselmotoren (Saugzug, Zusatzpumpe usw.) vom Netz abgeschaltet wird und allein deren Antrieb übernimmt. Durch die beschriebene Einrichtung ist die Inbetriebnahme des Kessels und der Luftturbine mit geringen zusätzlichen Mitteln möglich.

Läuft bei Betrieb ohne Luftturbine die Serienturbine mit verminderter Drehzahl, so kann das veränderbare Übersetzungsverhältnis des Generators dazu benutzt werden, die Kesselhilfsmotoren mit der vollen, für die Versorgung des Kessels erforderlichen Drehzahl anzutreiben.

Zur besseren Übersicht ist in der Abbildung das Schaltschema eines Dampfkraftwerkes beigelegt, dessen Kessel mit der beschriebenen Kombination von Luft- und Serienturbine versehen ist. In dem Schema ist die Zwischenüberhitzung des Dampfes durch Hochdruckdampf, der zwischen Vor- und Nachüberhitzer entnommen wird, vorgesehen; um die Höhe der Zwischenüberhitzung nicht einzuschränken, ist die Serienturbine wegen ihres hier bedeutenden Wärmegefälles nach dem Hochdruckteil dieses Zwischenüberhitzers einzuschalten.

Das Speisewasser strömt durch den Wasservorwärmer 1 zur Kesseltrommel 2, der dort entstehende Dampf durch den Vorüberhitzer 4, den Nachüberhitzer 6, die Hauptturbine 7 mit dem Zwischenüberhitzer 8 zum Kondensator 9. Von dort wird es durch die Kondensatpumpe 10, durch den Kompressorzwischenkühler 21 und durch die Vorwärmergruppe der Kesselspeisepumpe 11 zugeführt, die es über die Zusatzpumpe 12 in den Kessel zurückdrückt. Zwischen Vor- und Nachüberhitzer liegen die Umgehungsventile 23 und 24; im Nebenschluß zu 23 liegt der Zwischenüberhitzer 8, im Nebenschluß zu 24 die Serienturbine 5. Auf einer Achse mit der Serienturbine befindet sich die Kompressorstufe 13 und der Generator 19, der die Zusatzpumpe 12 und die Hilfsmotoren 20 anzutreiben vermag oder umgekehrt vom Netz 22 aus zusammen mit diesen mit Strom versorgt werden kann.

Die vom Kompressor 13 verdichtete Luft strömt im normalen Betrieb durch den Zwischenkühler 21, die Kompressorstufe 14, den Lufterhitzer 15, die Luftturbine 16 zum Feuerraum 17. Die Luftturbine treibt hierbei die Kompressorstufe 14 und den Generator 18 an.

Beim Anfahren der Anlage oder bei Ausfall der Luftturbine wird die Luft durch die Umgehungsventile 25 und 26 geführt.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Dampfkraftanlage, deren Kessel seine Verbrennungsluft aus einer Luftturbine erhält, dadurch gekennzeichnet, daß der Kompressor der Luftturbine (16) aus zwei Teilen besteht, deren einer (14) durch die Luftturbine (16) und deren anderer Teil (13) durch eine vom ge-

samten Kesseldampf oder dessen überwiegendem Teil durchströmte, vorzugsweise zwischen Vor- und Nachüberhitzer (4 bzw. 6) geschaltete, sog. Serienturbine (5) angetrieben wird.

5 2. Dampfkraftanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kompressor so aufgeteilt ist, daß seine Förderhöhe bei allen Belastungen dem Druckgefälle der Luftturbine (16) vollständig oder nahezu angepaßt ist.

10 3. Verfahren zum Betrieb einer Dampfkraftanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei Ausfall der Luftturbine (16) die Serienturbine (5) den Teilkompressor (13) mit verminderter Drehzahl antreibt, so daß dessen Förderhöhe gerade ausreicht, die erforderliche Verbrennungsluft unter Umgehung des anderen Teilkompressors (14) und der Luftturbine (16) durch den Lufterhitzer (15) in den Feuerraum zu drücken.

20 4. Verfahren zum Betrieb einer Dampfkraftanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Regelung der Lufttemperatur bei wechselnder Kessellast und zu ihrer Verminderung bei Ausfall der Luftturbine der Rauchgasstrom von einem Teil des Lufterhitzers auf eine andere Heizfläche oder eine Umgehungsleitung umgelenkt wird.

25 5. Dampfkraftanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Speisewasser durch eine von der Serienturbine (5) angetriebene Pumpe zugeführt wird, deren Zulaufdruck gleich dem oder wenig höher als der Kesselaustrittsdruck ist.

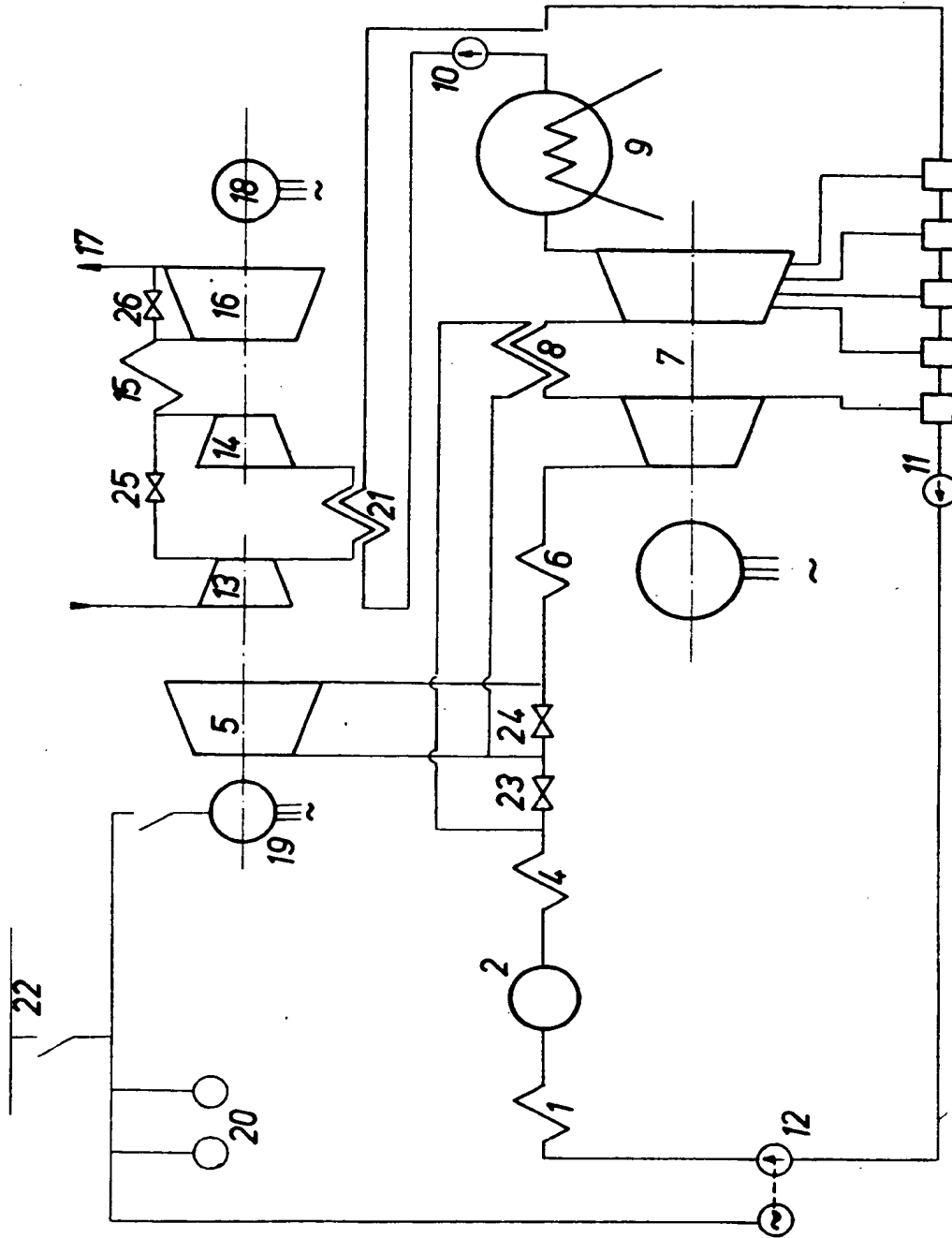
6. Dampfkraftanlage nach den Ansprüchen 1 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Serienturbine (5) zugleich mit dem Teilkompressor (13) einen Generator (19), vorzugsweise einen Drehstromgenerator, antreibt, der die übrigen Kesselhilfsmotoren (20) einschließlich der Zusatzpumpe mit Strom versorgt. 35 40

7. Verfahren zur Inbetriebnahme einer Dampfkraftanlage nach den Ansprüchen 1 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Generator (19) als Motor den Teilkompressor (13) mit so weit verminderter Drehzahl antreibt, daß seine Förderhöhe gerade ausreicht, die für das Anfeuern des Kessels erforderliche Mindestluftmenge unter Umgehung des anderen Teilkompressors (14) und der Luftturbine (16) durch den Lufterhitzer (15) in den Feuerraum zu drücken. 45 50

8. Verfahren zur Inbetriebnahme der Luftturbine nach den Ansprüchen 1, 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß bei steigender Kesselleistung die Serienturbine (5) den Antrieb des Teilkompressors (13) übernimmt, dieser mit wachsender Drehzahl die Luftturbine (16) und diese wiederum ihren Teilkompressor (14) antreibt. 55

9. Verfahren nach den Ansprüchen 3 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß bei verminderter Drehzahl der Serienturbine (5) das elektrisch oder mechanisch veränderbare Übersetzungsverhältnis des Generators (19) benutzt wird, um die Kesselhilfsmaschinen (20) mit voller 60 65 Frequenz zu speisen.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen





THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)